

## CONTROL SYSTEM FOR ELECTRON GUN MODULATOR WITH FL-NET

T.Hasegawa<sup>1,A)</sup>, T.Fukui<sup>B)</sup>, T.Kobayashi<sup>B)</sup>, H.Hanaki<sup>B)</sup>, T.Ohata<sup>B)</sup>, Y.Otake<sup>C)</sup>, S.Nagasawa<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup>SPring-8 Service Co., Ltd. (SES)

2-23-1 Kouto, Kamigori, Ako, Hyogo, 678-1205

<sup>B)</sup>Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8)

1-1-1 Kouto, Mikaduki, Sayo, Hyogo, 679-5198

<sup>C)</sup>RIKEN Harima Institute (RIKEN/SPring-8)

1-1-1 Kouto, Mikaduki, Sayo, Hyogo, 679-5198

### Abstract

We have developed a control system for an electron gun modulator of SPring-8 linac. The control system is a PLC system connected with an FL-net and is implemented in the MADOCA framework. An FL-net is one of Ethernet-based open standard protocols for factory floor networks and enables interconnection of different manufactures' devices. The control system including an FL-net was designed to realize high speed communication, high reliability, and interoperability. The FL-net is connected with a higher level via a newly developed VME board. Measured cyclic data transfer times are sufficiently acceptable for accelerator control.

## FL-netを用いた電子銃電源の制御

### 1. はじめに

SPring-8 線型加速器では、保守性に優れ、小型、安価で信頼性の高い電子銃モジュレータを新たに開発<sup>[1][2]</sup>し、現在試験運転中である。このモジュレータは独立した電源であるが、来年線型加速器への導入を視野に入れ、制御システムを構築する必要がある。そこで上位の制御システムとの接続には、加速器でも実績のあるFL-netを採用した。FL-netとは標準化されたオープンFA (Factory Automation) ネットワークで、異なるメーカーのFAコントローラと相互接続することが可能である。SPring-8のような大型加速器において、機器制御の中核にPLCが位置付けられていることが多い。FL-netを使用することでネットワーク上位から広範囲にわたる制御と構造の簡素化が図れる。また保守性、応答性、信頼性の向上が期待される。通信試験は電子銃モジュレータ(東芝製PLC)と横河製PLCをVMEに接続して行い、安定性と応答性等において良好な結果が得られた。VMEとの接続は理研播磨研究所(RIKEN/SPring-8)により新規開発されたVMEバス対応FL-netボードを使用した。これはSCSS(SPring-8 Compact SASE Source)試験用加速器でも使用が予定されているものである。本稿ではFL-net VMEボードの性能評価とモジュレータのリモート制御試験、更に今後の方向性について議論する。

### 2. FL-netとは

FL-netとは日本電気工業会により規格化され、2004年2月にはJIS規格(JIS B 3521)として制定された

コントローラレベルのオープンFAネットワークである。多数の異なるメーカーのプログラマブルロジックコントローラ(PLC)や数値制御装置などの各種FAコントローラやパソコンを相互接続したシステムの制御・監視を実現する。FL-netの主な特徴は以下の通りである。

- 相互接続が可能  
異なるメーカーのFAコントローラで相互接続が確保されている。
- 大規模ネットワーク  
最大254台の機器(ノード)が接続可能である。
- 用途に応じた2種類の通信機能  
サイクリック伝送により各ノードが同一のデータを常に共有できるコモンメモリ機能と、必要な時に必要な情報だけをやり取りするメッセージ伝送機能の両方をサポート。
- 大容量コモンメモリ  
コモンメモリは8Kビット+8Kワード。
- 高速応答  
50ms/32ノード(2Kビット+2Kワード)の高速応答性を実現。
- マスタレス方式による高い信頼性  
マスタが存在しないことから、各ノードの参加・離脱が他のノードの通信に影響を与えないことなしに自由にできるため、どのノードも自由に電源のON/OFFやメンテナンスが可能である。
- EthernetをベースとしたUDP/IP通信

<sup>1</sup> E-mail: hasegawa@spring8.or.jp

Ethernetを通信媒体にしているため広く普及したネットワーク用機器の使用と光通信化が可能で、将来高速化が期待できる。

### 3. システムの現状

モジュレータの制御構造を図1に示す。外部からの通信方法は二種類存在する。ひとつは現行の電子銃モジュレータで、リモート制御はVMEの光伝送ボードを介して行う方法である。DIOから三菱製PLCへの配線を運用中の短期間で改良することは困難である。もうひとつはクライストロンモジュレータで、PLC-VME間にはローカルに設置されたワークステーションが介在し、PLCとRS232Cを用いてシリアル通信を行う方法である。上位にあるVMEとは光Ethernetで接続している。共にフレームワークはSPring-8で開発され加速器制御に運用されているMADOKA (Message And Database Oriented Control Architecture) [3]を実装している。

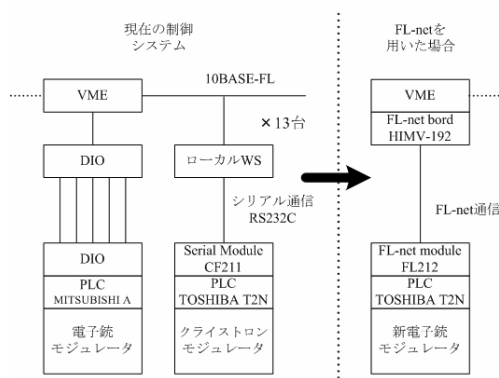


図1 モジュレータの制御構造

新規開発した電子銃モジュレータのリモート制御は、現行のクライストロンモジュレータに即した方法でもよいが、以下の理由からFL-netを用いる方法とした。

- ・ 複数のPLCメーカーがサポートしている。
- ・ 異なるPLCメーカーと接続が可能である。
- ・ Ethernet通信と比べ、上位でのプロトコルが共通化されている。
- ・ 長期にわたって安定した部品供給が見込まれる。
- ・ 経済的である。
- ・ 高速応答である。
- ・ 上位の制御機器から見た場合、プロトコルの処理がファームウェアで行われるので対象機器を意識する必要がない。
- ・ PLC上では共通メモリを介してのみデータの授受を行うので、上位からの誤操作によるレジスタの書き換えが出来ない。
- ・ 現行モジュレータを含めて制御構造を単純化できる。

### 4. 性能評価

理研播磨研究所 (RIKEN/SPring-8) により新規開発されたVMEバス対応FL-netボード (HIMV-192) の性能評価を行った。本ボードはSCSS試験用加速器のために開発されたものである。ボード上にあるCPUとファームウェアによりFL-netプロトコルを処理するのでVME上のアプリケーション処理に依存されない安定したプロトコル動作を実現する。ボードの概観を図2に示す。

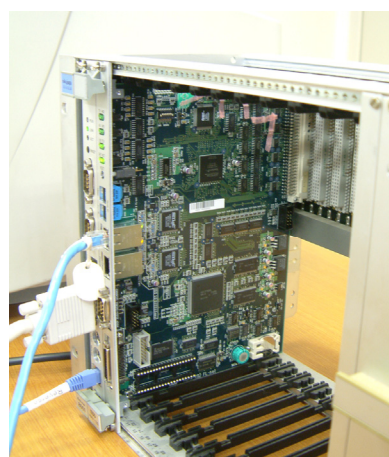


図2 VMEバス対応FL-netボード

FL-netボードにはVMEとの取合いを行うFPGAの他に、MPU (SH-4) とFL-netポート1つが用意されている。2つ目は予備ポートでFL-netあるいはEthernetに使用する予定である。

評価は線型加速器に設置されているインターロックシステムを用いて行なった。横河製PLC (FA-M3) を内蔵するインターロックユニット最大22台をFL-netボードと接続し、共通メモリ上のデータ更新サイクル時間を測定した。各ノード間はノイズの影響を考慮し、10BASE-5、光ハブ接続とした。接続図を図3に示す。

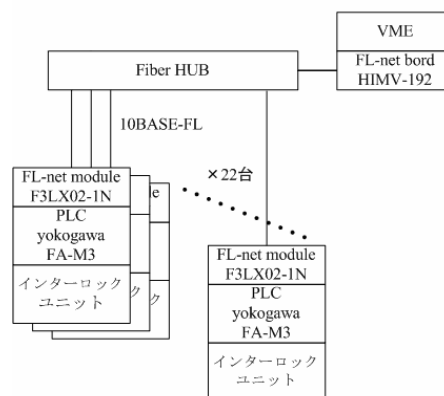


図3 接続図

測定はネットワークプロトコルアナライザ（Ether-real）にFL-netが使えるようパッチを当てて、サイクリック伝送とメッセージ伝送について行った。メッセージ伝送は特定ノードに1000byteのデータを送信、ループバックする方法とした。得られた結果を図4に示す。

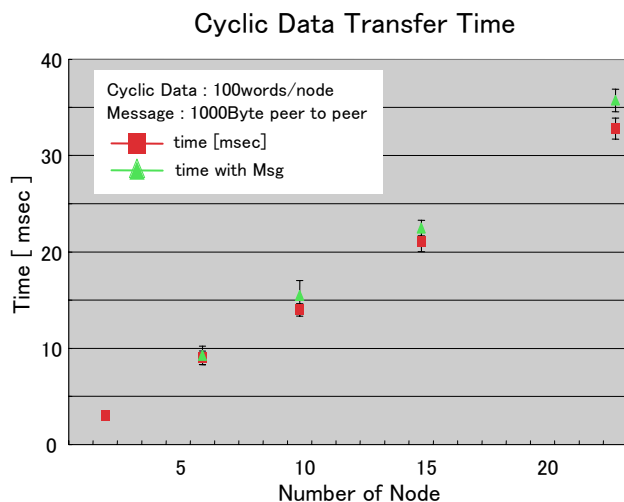


図4 測定結果

サイクリック伝送のデータ量は1ノードあたり100wordである。その結果、23ノードで33msを計測した。これはFL-netの仕様を満たす値である。またノード数に比例して伝送時間はリニアにスケールしている。さらにメッセージ伝送を介入させても、著しい遅延はなく50ms以内で送信することができた。

## 5. 動作試験

電子銃モジュレータのリモート制御試験を実施した。まずモジュレータとVMEを1対1で接続し動作試験を行った。

モジュレータの制御はPLC上のコモンメモリをサイクリックに更新し、そのデータを基に必要な論理シーケンス処理を行うが、不正データ、ノイズに起因する誤動作が懸念される。特に上位からPLCへ指令信号を送信する際に注意が必要である。このため以下に示すノイズ対策を講じた。

高圧ON指令を例にPLCシーケンスのタイムチャートを図5に示す。指令はビット信号により行うがノイズにより誤って高圧ONされる可能性がある。そこで上位から高圧ON指令ビットとともに100ms程度のストローブビットを生成し、送信する。PLC(モジュレータ)は両信号の立ち上がりを検知し高圧ONとする。また高圧OFF指令は高圧ON指令の反転とせず、別に用意した。このように指令はONあるいはOFFの状態を常時更新するのではなく、OFF→ONあるいはON→OFFのように状態の変化のみを指令するようにして不意の通信切断などが起こっても安定な運転が維持できるように配慮した。

その結果、VMEのダウン等にも影響しない信頼性の高いシステムを構築することができた。

また横河製PLC FA-M3をFL-netのネットワークに追加し、電子銃モジュレータ用PLCとの相互接続試験を実施した。PLC間でデータを交換し、その様子をグラフィックパネルでモニタリングする方法で行い、問題なく更新していることを確認した。

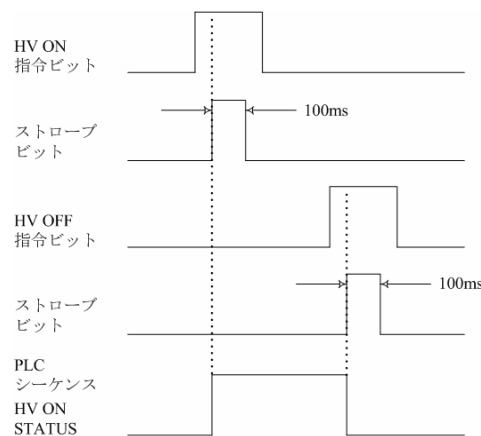


図5 タイムチャート

## 6. まとめ

新規に開発した電子銃モジュレータにFL-netを用いた通信機能を追加した。上位との通信はPLCのFL-netモジュールとVMEバス対応FL-netボードで行い、応答性、相互接続等において良好な結果が得られた。本年の夏期停止期間に本モジュレータを線型加速器へ移設し、電源及び通信の長期安定試験を実施する予定である。またSCSSをはじめ、SPRING-8でも線型加速器インターロックユニット、SR入射・損失電子数積算装置、NewSUBARU ID Gap駆動装置の通信をシリアル通信からFL-netへと移行する予定である。

## 参考文献

- [1] T.Hasegawa, et al., "DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM FOR THE ELECTRON GUN MODULATOR", Proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, Aug. 4-6, 2004
- [2] S.Nagasawa, et al., "DEVELOPMENT OF AN ELECTRON GUN MODULATOR FOR THE SPRING-8 LINAC", Proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, Aug. 4-6, 2004
- [3] R.Tanaka, et al., "The first operation of control system at the SPRING-8 storage ring", Proceedings of ICALEPCS'97, Beijing, China, 1997,p1.
- [4] T.Fukui, et al., "DEVELOPMENT OF A COMMUNICATION WITH PLC BY USING THE FL-NET AS OPEN STANDARD PLC LINK", PCaPAC2005, Hayama, Japan, 2005